養液栽培技術講習會專刊　第二輯　101～108, 1989

台鳳M式綠心智慧水耕系統簡介

台鳳公司　林　勝　才

台灣地處亞熱帶，長年氣候酷熱濕溽，病蟲害容易滋生繁衍，因此農作物必須仰賴大量農藥噴灑方能有收獲，但卻造成環境嚴重的污染，同時殘餘農藥亦危害到大衆的健康與安全。在台灣早期的設施栽培皆是簡易型的網室，用來防蟲與避免雨水的直接侵害。此後亦有力霸鋼架溫室防止強風侵襲及自國外引進的各種溫室設備。又由於硬體設備之設計皆不甚理想，因此「溫室效應」問題相當嚴重，而導致設施內之栽培環境比戶外栽培者更糟，病蟲害問題更趨嚴重，同時作物之熱徒長亦無法避免。所以目前從事設施栽培者，無論是水耕栽培或其它栽培，其所面臨的最大問題是如何克服可怕的「溫室效應」，但卻不必耗費大量能源（冷氣、風扇、水牆等）來控制。而結構堅固但不昂貴，而且維修費用低廉更是設施栽培業者所期盼的。

筆者在台鳳公司進行水耕栽培企劃時曾就以上問題考慮之後，於七十六年三月間到美國參加美國水耕學會的研討會，並參觀了加州的水耕栽培及設施園藝，然後轉往日本考察日本的水耕栽培及設施園藝。再經過一番的綜合評估後，便引進了日本M式水耕栽培系統，本系統於七十七年六月六日開始施工，九月十五日峻工開始試運轉栽培，並於十一月開始正式栽培。以下以幾張圖表作一簡單的介紹：

一、綠心智慧型水耕系統

圖一是本系統的典型圖，在溫室外裝設有四種微氣象感應器，分別是日射量、降雨、風速及外氣溫感應器。在溫室內部則裝設有CO_2感應器、EC、pH、水溫、流水、室溫及濕度感應器。所有的這些感應器（Sensor）均與中央控制系統連線，可以自動管理溫室的微氣象以及營養液的各種條件。而中央控制系統可以與控制室的電腦連線，每十分鍾傳送一次訊息給電腦。

1. 日射量感應器（sensor）
2. 測雨感應器
3. 風速感應器
4. 外氣溫感應器
5. CO_2 感應器
6. 中央控制箱（Control Box）
7. 水耕供水馬達
8. 培養液追肥系統
9. 培養液槽
10. 暖房機
11. 室溫感應器
12. CO_2 發生器
13. 水溫調節器

圖一、典型的智慧型水耕系統圖

中央控制系統上有九十九項的設定與測定值可以直接操作更改。若有異常狀況，中央控制系統會直接發出警告訊息並顯示異常資料代號。而在電腦系統方面則可以直接由電腦畫面上清楚地顯示不同時刻溫室內外的微氣象條件以及營養液的水溫、濃度及酸鹼值是否正常。同時電腦系統除了監視的功能之外，尚可直接控制中央控制系統的所有設定值。因此在大面積栽培的場合，管理者無須直接到各溫室去巡視便可直接在電腦室監視與控制農場所有情況。

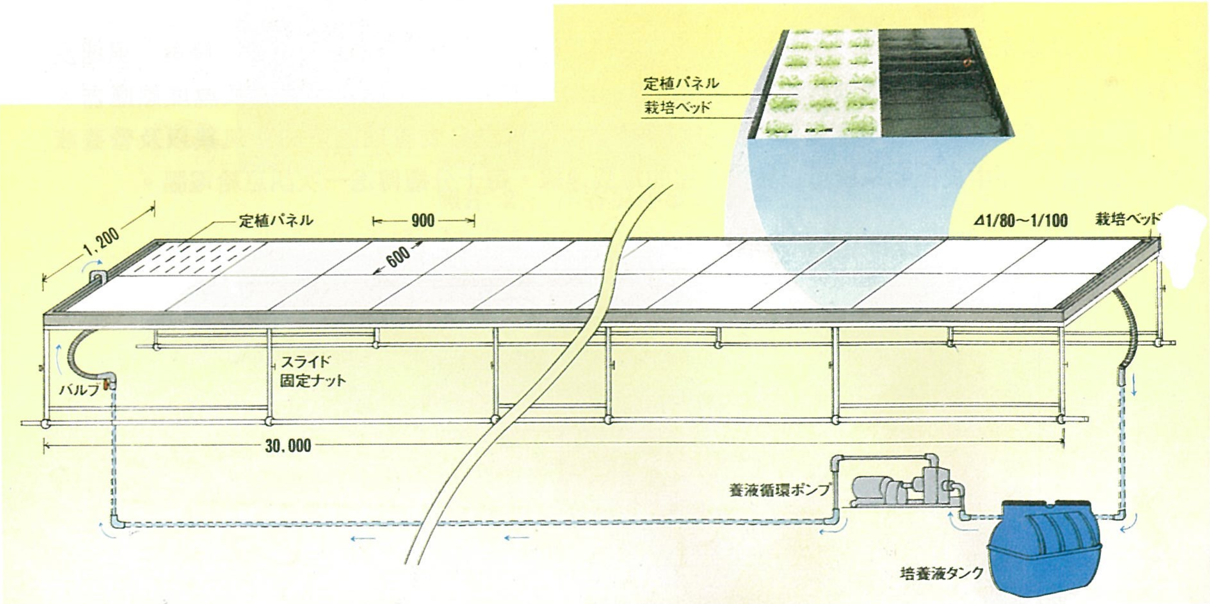
由於一切的微氣象條件均可由中央控制系統自動管理，所以溫室內部的遮陰網、天窗及側窗完全不假人手操作。另外營養液可由自動追肥系統來管理，亦無須經常去測定與調配。本系統因採用全自動的管理控制，因此非常節省人力、物力與時間，即使毫無農業概念的人亦可非常輕鬆地勝任，愉快從事水耕栽培。

二、綠心水耕栽培床架構

如圖二所示，典型的NFT栽培床，寬度1.2公尺，長度可以延伸到25公尺。全體的骨架系統採組合式鐵骨資材，施工非常簡便。栽培床的斜度視床之長度可以調整，一般的斜度為1／80～1／100。栽培床內部構造有起伏之波浪可以保留0.5公分之水位，因此即使停電大可不必擔心。定植栽培板長為90公分，寬為60公分，厚度為３公分。

圖三為實際的水耕栽培床，本套水耕栽培床的最大特色除了不必擔心停電問題之外，另一特點就是栽培床附有輪子可以左右移動，因此設施面積可以充份利用而一點也不浪費。

システム圖

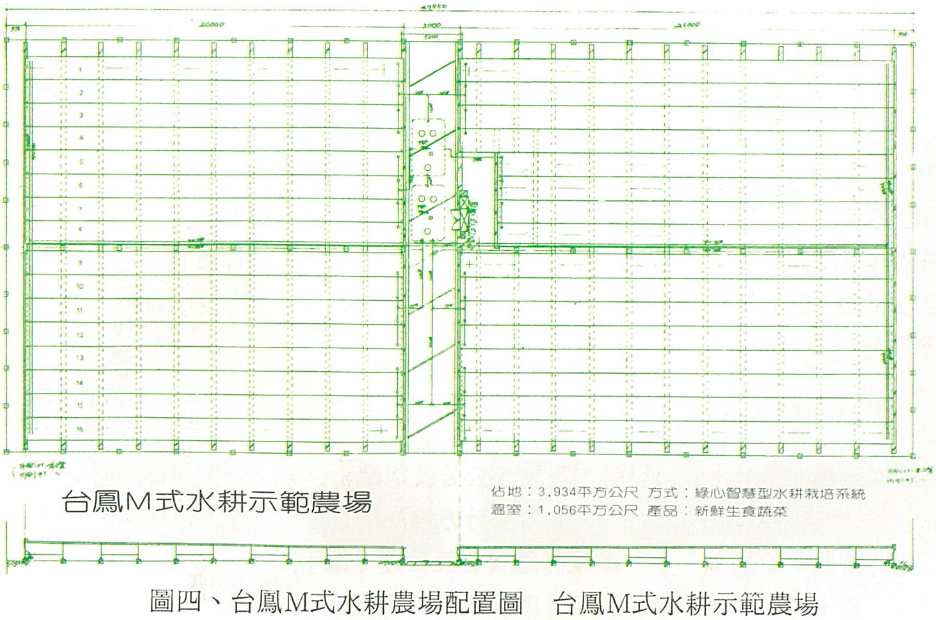


圖二、典型的NFT水耕床系統圖

圖三、農場內水耕栽培實景

三、台鳳山式水耕農場配置圖

因為栽培床附有輪子可以左右移動，所以栽培床的面積可以增加40%。換言之，台鳳農場一分地的栽培面積約可達設施面積之90%。全場共有32個栽培床（圖四），分為4區，每區有8床而只留一條寬約60公分之走道。養液槽埋設在地下2公尺處，有二個5噸的FRP成型槽以連通管相連。設施架構為有固定基礎之鍍鋅鐵骨，組合施工相當簡易，全長48公尺、寬度為22公尺△採雙連棟式、南北向、採光均勻。設施為溫網室（塑膠布資材），通風相當良好，骨架堅固可耐強風侵襲。塑膠布採用日本進口三菱公司出品之塑膠布，透光度85～90%，可耐用二年，整套架構除塑膠布以外可耐7年以上。



圖四、台鳳M式水耕農場配置圖　台鳳M式水耕示範農場

圖五、農場內波士頓萵苣栽培實況

圖六、天窗啟開散熱效果佳

圖七、側邊捲簾通風效果良好

圖八、雙層遮陰網防止輻射熱效應

四、通風、散熱及遮光系統

利用微氣象感應器（日射、降雨、外氣溫及風速）（圖一），控制天窗散熱（圖六）以及遮光網。溫度感應分成早上，下午及晚上三階段，天窗之啟閉則依外氣溫之測定值隨時調整啟閉之幅度（0%～10%）。而遮陰網之啟閉則由日射量感應器來控制，設定時先設定開啟及關閉時刻，然後再設定日射量條件。在開啟階段，一切依日射量之強度感應而關閉　（圖八）。此外天窗之關閉則依外氣溫、風速及降雨感應器而關閉。當風速過強時天窗即行自動關閉，或突然降雨時天窗亦自行關閉。而通風方面採用側邊捲簾，通風效果非常佳（圖七），通常在夏季全部捲上，下雨時關閉。

五、育苗系統

育苗盒採用長60公分、寬30公分、高度 4 公分及厚度 1 公分之硬質保麗龍材質。每個育苗盒可育190株苗，育苗時將種子直接播入3立方公分方塊海綿之中央（圖九）、播種完畢（圖十）直接放入恆溫育苗器中（圖十一）， 然後靜置覆蓋使發芽（圖十二），等種子萌芽之後取出綠化讓苗逐漸成長（圖十三）。至適當苗齡時（圖十四）即開始進行移植工作。移植時，直接將海綿塊

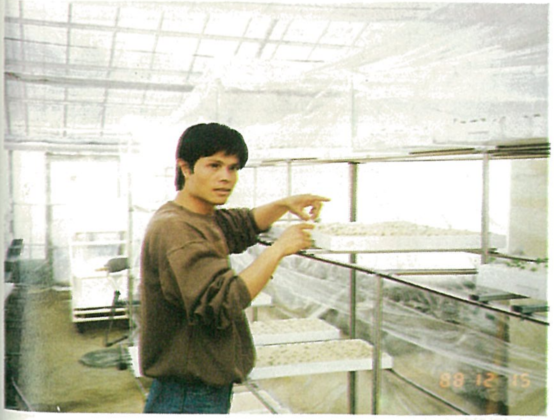
撕下播入定植板穴之中，養液除了第一次調配好之後，即行自動追肥管理。採用本系統來育苗非常輕鬆，同時發芽率可高達95%以上，小苗非常強壯，絕不會有徒長現象。

圖九、開始播種

圖十、播種完畢

圖十一、放入恆溫

圖十二、靜置覆蓋以利發芽



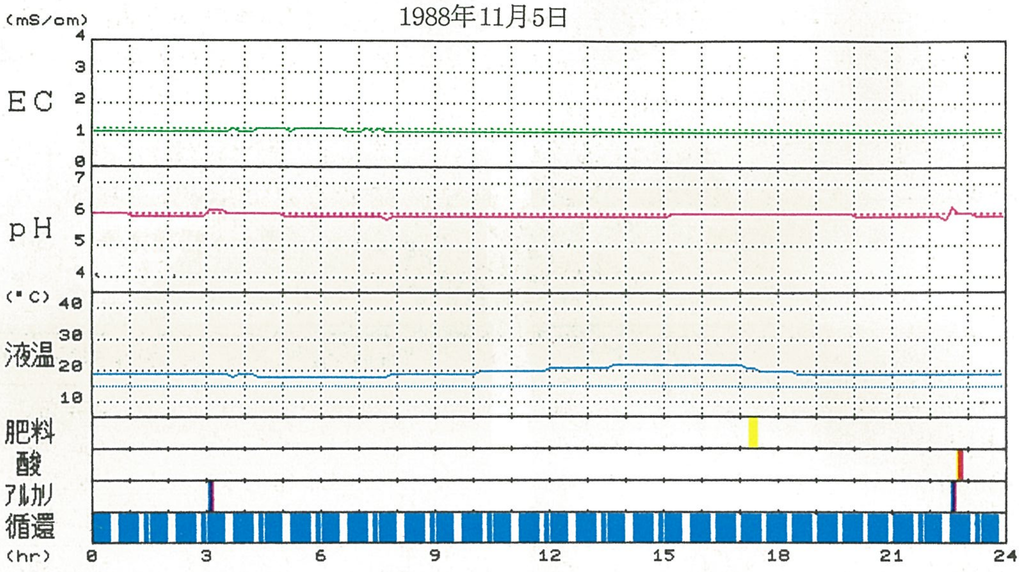
圖十三、發芽後拿出綠化

圖十四、綠化後的幼苗

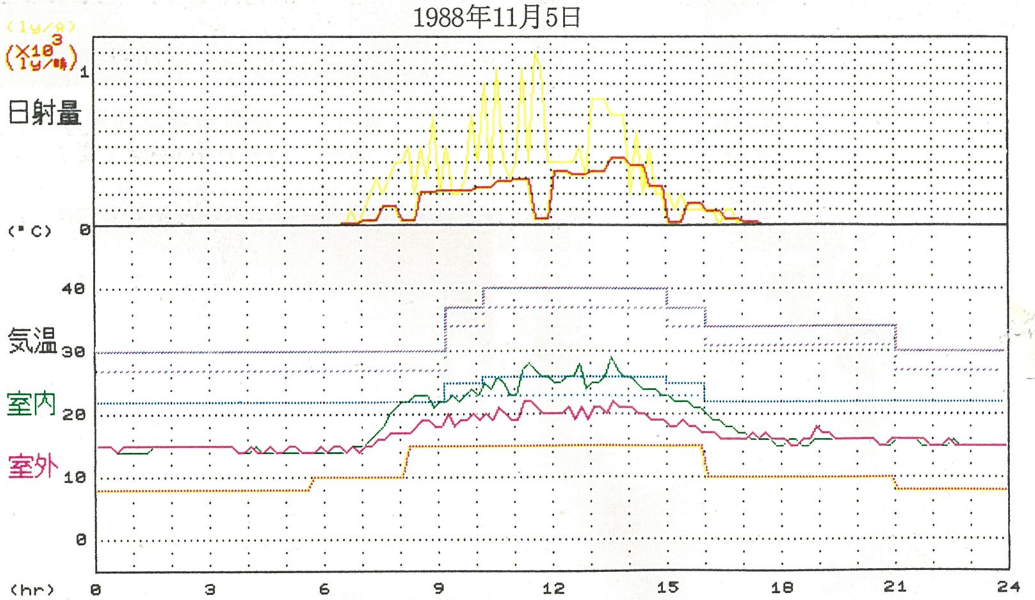
六、電腦管理資料

如圖十五所示，ａ圖為七十七年11月５日的養液管理資料圖。由圖上可知綠色曲線為養液之濃度其11月５日從0時到24時之變動非常之小，而在下午５點20分左右養液自動追肥達10分鍾（黃色縱線）。同樣情形，養液酸鹼值之變化亦非常穩定（紅色曲線）。資料顯示早上３點５分時鹼的自動追加約５分鍾。夜間10點30分亦追加鹼液５分鍾，而10點40分追加酸液５分鍾。此外，液溫的變化皆在設定範圍之內（17°C～23°C）。

而ｂ圖所示為11月５日當天日射量之變化情形與室內外溫度之狀況。



a圖　EC、pH、和液溫的變化情形



b圖　日射量、室內及室外氣溫之變化情形

圖十五、電腦管理資料分析圖

七、設備費用與經濟效益分析概算表

設備費用概算表如表㈠，以台灣所開發之資材為例，溫網室設備約1,200,000元，水耕床組及配管約1,020,000元，其它輔助設備（簡易控制系統）約555,000元，工程費用約為450,000元，合計為3,225,000元。本系統最少可耐5年以上，若平均以5年計算平均每年須攤提531,000元。

效益分析方面（表㈡、㈢），若固定管理者一人每月薪資為15,000元，一年以14個月之薪資來計算，每年的固定薪資為210,000元。以波士頓萵苣為例，每年可生產29,676公斤，其直接人工2人，直接成本每年703,668元，固定費用每年1,115,000元（含設備折舊費），合計每年之總成本為1,818,668元。每公斤總成本為61.28元，若以契作價75元賣出，每年可有407,032元之毛利，若含固定薪資合計毛利為617,032元，如果直接人工為自家工，則每年毛利可高達953,032元，毛利率為42.82%。若以廣東萵苣為例，每年總產量為54,144公斤，每公斤總成本為33.03元。若以契作價41元賣出，每年可有431,464元之毛利；同理，若為自家工則每年有毛利977,464元，毛利率為44.03%。（以上為台鳳公司之概算資料，資料來源為78年3月16日發表會資料）。

水耕清潔蔬菜成本分析

㈠設備

	金額（元）	攤提年數	每年攤提金額
A.網室設備	1,200,000	5	250,000
B.水耕床設備	1,020,000	5--10	150,000
C.輔助設備	555,000	5--10	86,000
D.工程費用	450,000	10	45,000
合　計	3,225,000		531,000

㈡薪津

每　月　薪　資	每　月　薪　資	15,000
每　年　薪　資	每　月　薪　資	15，000＊14＝210,000

㈢波士頓萵苣效益分析

定植板株數：16株	每作產量：2473kg	每株重量（夏）：0.11kg.（9作）
每床定植板數：46	每年生產次數：12次	每株重量（冬）：0.15kg.（3作）
生產床數：28	年產量：29676kg	平均重量：0.120kg.
每定植板產量：1.92kg		

直接成本：	每作數量	每作金額	每年金額	百分比
直接人工	2	28,000	336,000	18.48%
直接材料				
1.海綿	110	1,120	13,440	0.74%
2.種子	20900粒	6,270	75,240	4.14%
3.肥料（包）	M1，M2，M5，（各3包）	8,249	98,988	5.44%
變動費用				
電費		15,000	180,000	9.90%
小　計		58,639	703,668	（38.69%）

固定成本 ：				
設備折舊		44,250	531,000	29.20%
固定薪津		17,500	210,000	11.55%
車輛折舊		13,667	164,000	9.02%
利息支出		17,500	210,000	11.55%
小　計		92,917	1,115,000	(61.31%)
合　計		151,556	1,818,668	
單位成本(每公斤)	61.28			

農家契作戶收益： 台鳳契作價：	75.00	外雇工人	自家工
	單位成本：	61.28	42.89
	總收入：	2,225,700	2,225,700
	總支出：	1,818,668	1,272,668
	年毛利：	407,032	953,032
	毛利率：	18.29%	42.82%
	投資報酬率：	12.62%	29.56%

＊＊生菜範例＊＊

㈣廣東萵苣效益分析

定植板株數 ：49株	每作產量：4512kg	每株重量(夏)：0.070kg.
每床定植板數：47	每年生產次數：12次	每株重量(冬)：0.055kg.
生產床數 ：32	年產量：54144kg	平均重量：0.060kg.
每定植板產量：3.0kg		

直接成本 ：	每作數量	每作金額	每年金額	百分比
直接人工	2	28,000	336,000	18.79%
直接材料				
1.海綿	110	1,120	13,440	0.75%
2.種子	20900粒	1,000	12,000	0.67%
3.肥料 (包)	M1，M2，M5，(各4包)	11,000	132,008	7.38%
變動費用				
電費		15,000	180,000	10.06%
小　計		56,120	673,440	37.66%
固定成本 ：				
設備折舊		44,250	531,000	29.69%
固定薪津		17,500	210,000	11.74%
車輛折舊		13,667	164,000	9.17%
利息支出		17,500	210,000	11.74%
小　計		92,917	1,115,000	62.34%
合　計		149,037	1,788,440	
單位成本(每公斤)	33.30			

農家契作戶收益： 台鳳契作價：	41.00	外雇工人	自家工
	單位成本：	33.03	22.95
	總收入：	2,219,904	2,219,904
	總支出：	1,788,440	1,242,440
	年毛利：	431,464	977,464
	毛利率：	19.44%	44.03%
	投資報酬率：	13.41%	30.31%

＊＊一般蔬菜範例＊＊